

Review: Zeichenaufgaben im Chemieunterricht

Zeichnungen im Chemieunterricht

Zeichnungen können, angelehnt an Van Meter & Garner (2005), als bildliche Darstellungen definiert werden, die drei Merkmale erfüllen: (a) Erreichung eines Lernziels, (b) Wiedergabe mentaler Objekte und (c) Kontrolle über das Aussehen der Zeichnung bei Lernenden. Diese Lernendenzeichnungen sind wertvoll für den Chemieunterricht, wenn sie als Lernstrategie, Kommunikationsmittel oder Begründung eingesetzt bzw. genutzt werden, um mit Lernenden das Repräsentieren zu lernen oder das Engagement im Unterricht zu steigern (Ainsworth, Prain & Tytler, 2011). Positive Effekte von Lernendenzeichnungen konnten bspw. bei der Integration von neuem Wissen (Van Meter & Garner, 2005) und der Explikation von Konzeptverständnissen (Wu & Rau, 2019) nachgewiesen werden. Dennoch sind Zeichnungen sowohl für Lernende (Ainsworth, 2006) als auch für Lehrende – z. B. in ihrer Analyse – herausfordernd. Solche lernwirksamen und zugleich herausfordernden Zeichnungen resultieren aus Zeichenaufgaben, für welche es noch an Gestaltungsfaktoren fehlt (Dechamps & Skulmowski, 2025). Dieser Aufgabe widmet sich dieser Beitrag und untersucht Merkmale von Zeichenaufgaben in Hinblick auf chemisches Konzeptverständnis.

Theoretische Grundlagen

Chemisches Konzeptverständnis

Wissenschaftliche Konzepte sind „systematische mentale Repräsentationen der natürlichen Welt und spielen eine zentrale Rolle in der Wissenschaft“ (Kampourakis, 2018, S. 591). Ein – ggf. auch vereinfachtes – Konzept sollte anschlussfähig für Folgekonzepte sein und kann bspw. durch eine Problemstellung in Form einer Zeichenaufgabe aktiviert werden, sodass sich ein konzeptbasiertes mentales Modell – eine Konzeption – beim Lernenden aufbaut. (Grüß-Niehaus, Hundertmark & Schanze, 2024). Für übergeordnete chemische Konzepte gibt es bereits verschiedene Ansätze zur Kategorisierung, wie die Basiskonzepte in Deutschland (KMK, 2024) oder das Framework for K-12 Science Education in den USA (NRC, 2012). In dieser Studie wurde ein länderunabhängiger, chemiespezifischer und erprobter Rahmen von Cooper, Posey & Underwood (2017) gewählt, der durch einen Building-Up-Ansatz ein vertieftes Verständnis zum Ziel hat und folgende *Core Ideas* umfasst: (1) Strukturen & Eigenschaften, (2) Wechselwirkungen, (3) Energie und (4) Veränderung & Stabilität.

Aufgabengestaltung

Grundsätzlich können Aufgaben zum Entwickeln oder Testen eines Konzeptverständnisses eingesetzt und damit in Lern- und Testaufgaben unterteilt werden (Niegemann, 2008). Der Einsatz von Kontexten, bspw. die Verknüpfung zur Lebenswelt der Lernenden (Maier, Kleinknecht, Metz & Bohl, 2010), ist aus motivational-affektiver Perspektive sinnvoll bei der Erstellung von Aufgaben (Güth & Van Vorst, 2024). Auch der Grad der Offenheit bei der Aufgabengestaltung (Maier et al., 2010) und besonders in Bezug auf Zeichnungen eine digitale Umsetzung (Cromley Du & Dane, 2020) sind zu beachten.

Methodisches Vorgehen

Für die Datenerhebung wurden die Literaturdatenbanken *ERIC*, *Web of Science*, *Fachportal Pädagogik* und *PsycArticles* nach deutsch- und englischsprachigen Studien ab 2005 durchsucht, die methodisch von Lernenden angefertigte Zeichnungen zu einem chemischen Konzeptverständnis nutzten. Die gefundenen 8534 Dokumente wurden angelehnt an das PRISMA-Vorgehen (Page et al., 2021) gefiltert, sodass 75 Artikel mit 79 Studien eingeschlossen wurden.

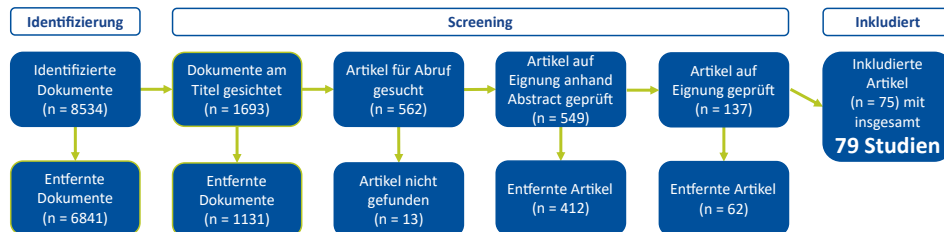


Abb. 1: Filterung der gefundenen Dokumente nach Page et al. (2021).

Die Analyse der Daten erfolgte qualitativ-inhaltsanalytisch mit einem deduktiv-induktiven hierarchischen Kategoriensystem (Mayring, 2015).

Ergebnisse

Darstellung

Von den 79 eingeschlossenen Studien nutzten 66 Testaufgaben und 13 Lernaufgaben. In Tabelle 1 ist für alle ausgewerteten Kategorien das jeweils häufigste Merkmal für Test- bzw. Lernaufgaben angegeben,

Tab. 1: Jeweils häufigste Vorkommen innerhalb der untersuchten Kategorien.

Kategorie	Testaufgabe	Lernaufgabe
Altersgruppe	1. Semester (26 %) & Sek II (23 %)	Sek I (38 %)
Erhebungsort	USA (46 %)	USA & Europa (je 38 %)
Erhebungsmethode	Interview (45 %)	Nur Zeichnung (77 %)
Sozialform	Einzelarbeit (94 %)	Einzelarbeit (54 %)
Gerät	Paper-Pencil (77 %)	Paper-Pencil (69 %)
Interaktionsgrad	Freihand (92 %)	Freihand (69 %)
Lebensweltbezug	Ohne Bezug (74 %)	Ohne Bezug (62 %)
Freiheitsgrad	Definiert-konvergent (77 %)	Definiert-konvergent (62 %)
Analyse	Induktives Codieren (44 %)	Keine Angabe (77 %)
Konzeptverständnis	Core Idea 1: Strukturen & Eig. (92 %)	Core Idea 1: Strukturen & Eig. (61 %)

Grundsätzlich wurden sowohl Test- als auch Lernaufgaben zu 45 % in allgemeinbildenden Schulen und zu 55 % an Hochschulen eingesetzt. Bei der Erhebungsmethode wurde die Zeichenaufgabe zum Testen in 59 % aller Fälle mit weiteren Methoden, z. B. Interview oder Videographie gekoppelt. Lernaufgaben hingegen wurden im Regelfall ohne weiteres Setting bearbeitet. Bei der Sozialform zeigt sich, dass Lernaufgaben zu etwa 38 % in Gruppen von zwei oder mehr Personen durchgeführt werden. Sowohl Test- als auch Lernaufgaben wurden im Regelfall analog mit Papier und Stift und als Freihandzeichnung durchgeführt. Weiterhin

wurden Test- und Lernaufgaben eher ohne Lebensweltbezug und mit einem definierten Ausgangszustand und konvergenten Erwartungshorizont gestaltet. Bei der Analyse der Testaufgaben wurden grundsätzlich auf die Daten spezifizierte Kategoriensysteme entwickelt, während Lernaufgaben kaum analysiert wurden.

Mit Hinblick auf übergeordnete Konzepte lassen sich in Zeichnungen zum Lernen und Testen alle vier Core Ideas von Cooper et al. (2017) in unterschiedlicher Häufigkeit feststellen. Der Fokus liegt auf der Core Idea 1 *Strukturen und Eigenschaften*, die Core Idea 3 *Energie* wird sehr selten aktiviert.

Diskussion

Laut unserer Daten werden Zeichnungen überwiegend zur Überprüfung des Konzeptverständnisses eingesetzt. Das große Potential des Drawing to Learn (Ainsworth et al. 2011) wird damit kaum genutzt.

Weiterhin ist zu erkennen, dass Testaufgaben durch die Einbindung von Interviews häufig auch Teil von qualitativen Studien sind, obwohl sie aufgrund ihrer Lösbarkeit in erwartete und nicht erwartete Zeichenergebnisse grundsätzlich auch quantitativer auszuwerten wären. Ein plausibler Grund ist die Nutzung der Triangulation verschiedener Datenquellen zur Überprüfung des Konzeptverständnisses.

Die Nutzung digitaler Werkzeuge zum Zeichnen findet – auch in aktuellen Studien – noch wenig Anklang, obwohl hier Potentiale bestehen (Cromley Du & Dane, 2020) und dies (mit Blick auf das Tagungsthema) den Einsatz von KI zur Analyse der Zeichnungen unterstützen würde.

Auffällig sind die geringen Lebensweltbezüge sowie die geringen Freiheitsgrade auch bei den Einsätzen von Zeichnungen zum Lernen, was eher wenig motivationale Unterstützung (Güth & Van Vorst, 2024) bietet und konzeptbasierte Erklärungen einschränkt (Cooper et al., 2017). Obwohl es bereits erste Rahmungen zur Analyse von Zeichnungen gibt (bspw. Tang, Won & Treagust, 2019), werden Zeichnungen in Studien zum Konzeptverständnis derzeit häufig noch mit Kategoriensystemen analysiert, die auf den jeweiligen Datensatz zugeschnitten sind. Das bedeutet für Forschende oder mit Blick auf den Unterricht jeweils einen Mehraufwand beim Einsatz von Zeichenaufgaben. Ein einheitliches Rahmenwerk oder gar eine automatisierte Analyse könnte den Einsatz von Zeichnungen erleichtern.

Unsere ersten Analysen zu verwendeten Konzepten bei Zeichenaufgaben weisen darauf hin, dass Zeichnungen nicht an spezifische Konzepte gekoppelt und auch zu dynamischen Prozessen einsetzbar sind, wenngleich sie überwiegend bei Strukturen und Eigenschaften – also statischen Zuständen (Akaygun & Jones, 2014) – in den eingeschlossenen Studien vorkommen.

Ausblick

Kommende Forschung sollte sich anknüpfend an dieses Review mit einem Rahmenwerk zur Analyse von Zeichnungen zum Konzeptverständnis beschäftigen. Ebenso zeigt es sich, dass ein größeres Fundament an Studien folgen sollte, die das Potenzial von Zeichnungen zum Lernen untersuchen. Förderlich zur Diagnose von Zeichnungen wäre vermehrt ein Transfer hin zu digital angefertigten Zeichnungen, um bspw. Potentiale von KI besser einbinden zu können und auch tiefere Einblicke in Zeichenprozesse erhalten zu können.

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction* 16(3), 183-198
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science* 333, 1096-1097
- Akaygun, S. & Jones, L. L. (2014). Words or pictures: A comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibria. *International Journal of Science Education*, 36(5), 783-807
- Cooper, M. M., Posey, L. A. & Underwood, S. M. (2017). Core ideas and topics: Building up or drilling down?. *Journal of Chemical Education*, 94(5), 541-548
- Cromley, J. G., Du, Y. & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-learn: Does meta-analysis show differences between technology-based drawing and paper-and-pencil drawing?. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 216-229
- Dechamps, T. & Skulmowski, A. (2025). The effective design of tasks involving learning by drawing: Current trends and methodological progress in research on drawing to learn. *Educational Psychology Review*, 37(2), 50
- Größ-Niehaus, T., Hundertmark, S. & Schanze, S. (2024). Und was kommt an? – Konzeptentwicklung als ein Teil des Lernens. *Fachdidaktik Chemie in Theorie und Praxis*, 109-140. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- Güth, F. & van Vorst, H. (2024). To choose or not to choose? Effects of choice in authentic context-based learning environments. *European Journal of Psychology of Education*, 39(4), 3403-3433
- Kampourakis, K. (2018). On the meaning of concepts in science education. *Science & Education*, 27(7), 591-592
- Kultusministerkonferenz (2024). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA)
- Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K. & Bohl, T. (2010). Ein allgemeindidaktisches Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 28(1), 84-96
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz Weinheim
- National Research Council, Division of Behavioral, Social Sciences, Board on Science Education, & Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press
- Niegemann, H. M. (2008). Design von Übungs- und Testaufgaben. *Kompendium multimediales Lernen*, 311-325
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*. *bmj*, 372.
- Tang, K. S., Won, M. & Treagust, D. (2019). Analytical framework for student-generated drawings. *International Journal of Science Education*, 41(16), 2296-2322
- Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing. Literature review and synthesis. *Educ. Psy. Rev.*, 17(4), 285-325
- Wu, S. P. W. & Rau, M. A. (2019). How students learn content in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) through drawing activities. *Educ. Psy. Rev.* 31(1), 87-120